

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА



**В. М. Гаряжа, Є. Д. Дьяков**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ КУРСУ**

**«ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ»**

**РОЗДІЛ «ПРИСТРОЇ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ»**

(для студентів 4 курсу денної й заочної форм навчання  
за напрямом 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Харків

ХНАМГ

2011

**Гаряжа В. М.** Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу «Електричні апарати». Розділ «Пристрої захисного відключення» (для студентів 4 курсу денної й заочної форм навчання за напрямом 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / В. М. Гаряжа, Є. Д. Дьяков; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 43 с.

Автори: доц. В. М. Гаряжа,  
доц. Є. Д. Дьяков

Рецензент: доц., к. т. н. Ю. П. Кравченко

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,  
протокол № 1 від «8» вересня 2011 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ .....	4
1. Вплив електричного струму на організм людини .....	5
2. Вимоги нормативних документів до забезпечення електробезпеки .....	6
3. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом .....	9
4. Класифікація електротехнічного устаткування за способом захисту від ураження електричним струмом .....	10
5. Класифікація електроустановок за застосовуваними системами заземлення	14
6. Класифікація ПЗВ. ....	19
7. Принцип дії ПЗВ. ....	21
8. Технічні параметри ПЗВ. ....	23
9. Вибір ПЗВ при проектуванні і монтажі електроустановок .....	25
10. Місце установки ПЗВ. ....	26
11. Застосування ПЗВ в різних системах заземлення електроустановок .....	27
12. Вибір типу і параметрів ПЗВ. ....	30
13. Схеми включення ПЗВ. ....	34
14. Аналіз причин, які викликають помилкове спрацювання ПЗВ .....	35
15. Методика визначення порога спрацювання ПЗВ .....	37
16. Методика виміру струму витоку в зоні захисту ПЗВ .....	37
17. Алгоритм пошуку несправностей в електроустановці .....	38
Список джерел. ....	40
Додаток. ....	41

## ВСТУП

Дані методичні вказівки пропонуються для використання студентами електротехнічних спеціальностей. Вони можуть бути корисними при навчанні та перепідготовці електротехнічного персоналу підприємств і організацій у питаннях охорони праці. Матеріал методичних вказівок ґрунтується на сучасних нормативних документах і може застосовуватися також спеціалістами при проектуванні, монтажі, наладці й експлуатації електроустановок житлових, комунально-побутових, суспільних і виробничих споруд.

Номенклатура електротехнічних виробів, які застосовуються у житлових, суспільних, адміністративних будинках і виробничих приміщеннях, розширюється з кожним роком. Одночасно з цим збільшується кількість травм від ураження електричним струмом, а також число загорянь і пожеж, що виникають у результаті використання несправного електроустаткування й електричних мереж. Одним із шляхів підвищення надійності роботи і безпеки електричних установок є застосування пристроїв захисного відключення (ПЗВ) чи як часто їх називають у технічній літературі, автоматичних вимикачів, керованих диференціальним струмом. Додаткові витрати, пов'язані з придбанням і монтажем ПЗВ, набагато менші, ніж соціальний чи економічний збиток, що може виникнути в результаті ураження людей електричним струмом чи виникнення загоряння. Сьогодні ПЗВ застосовують практично у всіх електроустановках – за винятком тих, у яких не допускається перерва в електропостачанні. В таких установках повинні застосовуватися інші захисні заходи – контроль ізоляції, роздільні трансформатори та ін.

Органи Держенергонагляду, Державного пожежного нагляду і Енергозбуду погоджують проектну документацію, здійснюють сертифікацію електроустановок житлових будинків, приймання об'єктів в експлуатацію тільки за умови обов'язкового застосування ПЗВ. Раціональний вибір того чи іншого типу ПЗВ, дозволить не тільки уникнути помилок при проектуванні, але також і при монтажі, налагодженні й експлуатації електроустановок житлових, суспільних і виробничих будинків і споруд.

## 1. ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

З початку промислового застосування електроенергії науковці всього світу вивчали дію електричного струму на людину і наслідки цієї дії. Результати експериментальних досліджень, а також досвід експлуатації електроустановок дозволили встановити основну причину летального результату при дії на людину електричного струму. Цією причиною є фібриляція (безладне скорочення м'язів) серця, що може виникати навіть при незначних величинах струму.

Електричний опір тіла людини залежить від багатьох факторів, серед яких основними є розмір поверхні контакту, шлях протікання струму, вологість шкіри, індивідуальні особливості людини і т. п.

Установлено, що у людини опір шкіри у вологому стані знаходиться в межах 10–20 Ом, а опір внутрішніх органів не перевищує 500–600 Ом. При визначенні умов електробезпеки в електроустановці, за розрахунковий опір тіла людини рекомендується приймати значення 800–1000 Ом.

Результат впливу електричного струму на організм людини залежить не тільки від значення струму, але і від тривалості його протікання, шляху струму через тіло людини, а також, деякою мірою, від частоти струму, форми кривої, коефіцієнта пульсацій і інших факторів.

Для розрахункової оцінки небезпеки ураження струмом, в електроустановці рекомендується використовувати як критерій небезпеки струм через тіло людини. У ГОСТ 12.1.038–82 «Електробезпека. Гранично припустимі рівні напруж дотику і струмів» наведені гранично припустимі значення змінного струму частотою 50 Гц через тіло людини у виробничих і побутових електроустановках у залежності від часу впливу (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Гранично припустимі значення струму через тіло людини

Побутові електроустановки												
t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Більше 1,0
I, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2
Виробничі електроустановки, змінний струм 50 Гц												
t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Більше 1,0
I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Випрямлений однонапівперіодний струм (амплітудне значення)												
I, мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	–
Випрямлений двонапівперіодний струм (амплітудне значення)												
I, мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	–

Наведені дані свідчать про те, що існуючі автоматичні вимикачі і запобіжники не можуть здійснити надійний захист від ураження електричним струмом.

## **2. ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ПИТАНЬ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ**

Основні вимоги до забезпечення безпечних умов експлуатації електрообладнання в різних приміщеннях сформульовані в комплексі стандартів на електроустановки будинків . Цей комплекс містить вимоги до проектування, монтажу, наладки й випробування електроустановок, а також на вибір електроустаткування, котре забезпечує безпечну його роботу.

Розглянемо визначення основних термінів, що використовуються у даних стандартах.

*Під електроустаткуванням* слід розуміти будь-яке устаткування, призначене для виробництва, перетворення, та розподілу і споживання електроенергії.

Будь-яке поєднання взаємозалежного електроустаткування в межах даного приміщення чи простору називається *електроустановкою*.

Сукупність електроустаткування, з'єданого проводами і кабелями, через яке може протікати електричний струм, складає *електричне коло*.

*Струмовідна частина* – провідник або провідна частина, що перебуває в процесі її нормальної роботи під напругою, включаючи нейтральний провідник, але не PEN–провідник. [1]

Для захисту від прямого дотику стандарт рекомендує здійснювати технічні заходи чи використовувати електрозахисні засоби або їх сукупність, що дозволять запобігти дотику до струмовідних частин, які знаходяться під напругою, чи наближенню до них на відстань меншу безпечної. Під *прямим дотиком* розуміють електричний контакт людей або тварин зі струмовідними частинами, що перебувають під напругою, або наближення до них на небезпечну відстань.

Для запобігання ураженню електричним струмом у нормальному режимі слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту від прямого дотику:

- основна ізоляція струмовідних частин [1, 1.7.71];
- огорожі та оболонки [1, 1.7.72];
- бар'єри [1, 1.7.73];
- розміщення поза зоною досяжності [1, 1.7.74].

Захист від прямого дотику не вимагається, якщо номінальна напруга не перевищує:

- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи БННН, якщо електрообладнання експлуатується в сухих приміщеннях;
- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи ЗННН, якщо електрообладнання перебуває в зоні дії системи зрівнювання потенціалів і експлуатується тільки в сухих приміщеннях, а ймовірність контакту людини з частинами, які перебувають під напругою, незначна;
- 6 В змінного або 15 В постійного струму в усіх інших випадках.

Для захисту використовуються спеціальні системи напруг:

- *наднизька (мала) напруга* – коли напруга між будь-якими провідниками або будь-яким провідником і землею не перевищує 50 В для змінного струму і 120 В для постійного;
- *система БННН* (англ. еквівалент «*SELV system*») – система безпечної наднизької напруги, в якій струмовідні частини системи БННН електрично відділено від усіх інших кіл вищої напруги за допомогою захисного електричного поділу кіл.
- *система ЗННН* (англ. еквівалент «*PELV system*») – система захисної наднизької напруги, це система БННН у разі заземлення її кола.
- *система ФННН* (англ. еквівалент «*FELV system*») – система функціональної наднизької напруги, де за умовами експлуатації для живлення електроприймачів використовують наднизьку напругу і при цьому вимоги, що стосуються систем БННН і ЗННН, не можуть бути виконані або в їх застосуванні немає потреби, а для захисту від ураження електричним струмом у колі наднизької напруги використовують додаткові заходи захисту, такі як огорожі або ізоляція, котра відповідає ізоляції первинного кола, та автоматичне вимикання живлення.

Для додаткового захисту від ураження електричним струмом у разі прямого дотику в електроустановках напругою до 1 кВ можливе застосування ПЗВ [1, 1.7.76].

Під *непрямим дотиком* слід розуміти електричний контакт людей або тварин із відкритою провідною частиною, яка опинилася під напругою внаслідок пошкодження ізоляції. Під захистом від непрямого дотику мається на увазі захист, що виключає небезпеку зіткнення з відкритими провідними частинами

чи сторонніми провідними частинами, що можуть виявитися під напругою у випадку одиничного пошкодження.

Стандарт рекомендує розрізняти наступні види струмів, що можуть протікати через електроустаткування:

- *припустимий тривалий струм* – струм, що може довгостроково протікати по провіднику, причому стала температура провідника не повинна перевищувати задане значення за певних умов;
- *струм ушкодження* – струм, що з'являється в результаті ушкодження чи перекриття ізоляції;
- *струм замикання на землю* – струм, що проходить у землю через місце замикання;
- *вражаючий струм* – струм, який проходить через тіло людини і характеристики якого можуть викликати патофізіологічні впливи, або викликати травму;
- *струм витоку* – струм, що протікає в землю чи на сторонні провідні частини в електрично неушкодженному колі;
- *струм витоку в мережі з ізолюваної нейтраллю* – струм, який протікає між фазою і землею в мережі з ізолюваної нейтраллю;
- *струм витоку в мережі з заземленою нейтраллю* – струм, що протікає по ділянці електричного кола, з'єднаного паралельно з нульовим робочим провідником, а при відсутності нульового робочого провідника – струм нульової послідовності;
- *струм ушкодження* – струм, що з'являється в результаті ушкодження чи перекриття ізоляції;
- *надструм* – струм, значення якого перевищує найбільше робоче (розрахункове) значення струму електричного кола.
- *струм перевантаження* – надструм в електричному колі електроустановки при відсутності електричних ушкоджень.

Провідні частини, за винятком струмовідних провідників, і будь-які інші частини електроустановок, по яких може протікати струм ушкодження, повинні бути розраховані на протікання цього струму, що не супроводжується появою високої температури.

Характеристики захисного устаткування повинні визначатися виходячи з його функцій: надструму, викликаного коротким замиканням; струму замикання на землю; перенапруги; зниженої напруги чи відсутності напруги.



### 3. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗА СТУПЕНЕМ НЕБЕЗПЕКИ УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

Відповідно до Правил будови електроустановок (ПБЕ) приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом розділяються на такі класи:

1. *Приміщення без підвищеної небезпеки*, у яких немає умов, що створюють підвищену чи особливу небезпеку.

2. *Приміщення з підвищеною небезпекою*, які характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку:

- вологості (вологість більше 75 %) чи струмопровідного пилу;
- струмопровідних підлог (металеві, земляні, залізобетонні, цегельні і т. п.);
- високої температури (вище 35°C);
- можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів і т. п., які мають з'єднання з землею з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування – з іншого.

3. *Особливо небезпечні приміщення*, що характеризуються наявністю однієї з наступних умов, котрі створюють особливу небезпеку:

- особливої вологості;
- хімічно активного чи органічного середовища;
- одночасно двох чи більше умов підвищеної небезпеки.

4. *Територія відкритих розподільних установок* прирівнюється до особливо небезпечних приміщень.

Граничні значення напруг, при перевищенні яких необхідне використання захисту від непрямого дотику, залежать від категорії приміщення і приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Граничні значення напруг для приміщень різної категорії

Категорія приміщення	Гранична величина напруги
Без підвищеної небезпеки	$\geq 380$ В змінної напруги $\geq 440$ В постійної напруги
З підвищеною небезпекою, особливо небезпечні, зовнішні електроустановки	$> 42$ В змінної напруги

#### 4. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗА СПОСОБОМ ЗАХИСТУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

На разі діє ДСТ Р МЭК 536 «Класифікація електротехнічного й електронного устаткування за засобами захисту від ураження електричним струмом» Вимоги стандарту поширюються на електроустаткування, що підключається до зовнішнього джерела живлення, яке має напругу до 440 В між фазними провідниками (напруга між фазним провідником і землею має не перевищувати 250В), і використовується в побуті, в організаціях, у медичних установах, у майстернях, в школах, на фермах і в інших місцях. Стандартом допускається застосування класифікації для електроустаткування, що працює і на більш високій напрузі (до 1000 В).

Класифікація не поширюється на незахищене електроустаткування, що не має необхідного захисту від зіткнення зі струмоведучими частинами. Представлений в даному стандарті розподіл електроустаткування на чотири класи не встановлює рівень електробезпеки, який забезпечується електроустаткуванням. Класифікація лише вказує на те, яким засобом здійснюється захист від ураження електричним струмом при використанні електроустаткування в різних електроустановках.

Під електроустаткуванням *класу 0* розуміють електроустаткування, в якому захист від ураження електричним струмом забезпечується тільки основною ізоляцією струмовідних частин. Відкриті провідні частини електроустаткування не з'єднуються з захисними провідниками стаціонарних електропроводок (не використовується захисне заземлення відкритих провідних частин). При ушкодженні основної ізоляції захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися навколишнім середовищем (повітря, ізоляція підлоги і т.п.).

До електроустаткування *класу I* належить таке електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом забезпечується основною ізоляцією струмовідних частин і з'єднанням відкритих провідних частин електроустаткування з захисними провідниками стаціонарних електропроводок (використовується захисне заземлення відкритих провідних частин). При ушкодженні основної ізоляції якої-небудь струмовідної частини і її замиканні на відкриту провідну частину повинен спрацювати відповідний захист.




Електроустаткуванням *класу II* називається електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом забезпечується застосуванням по-

двійної чи посиленої ізоляції струмовідних частин. Доступні дотику провідні частини електроустаткування класу II, якщо такі є, не приєднуються до захисних провідників стаціонарних електропроводок (не застосовується захисне заземлення відкритих провідних частин). Захисні властивості навколишнього середовища також не використовуються як захід електробезпеки.

Електроустаткування *класу III* – електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом заснований на живленні від джерела безпечної наднизької напруги й у якому не виникають напруги вище безпечної наднизької напруги (більше 50 В змінного струму і 120 В постійного струму).

Згідно ПБЕ (п.1.7.87, табл. 1.7.3) при виконанні заходів захисту в електроустановках до 1 кВ класи обладнання, що застосовується за способом захисту людини від ураження електричним струмом, слід приймати згідно з табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Класи обладнання за способом захисту та умови застосування

Клас по ДСТ	Маркування	Призначення захисту	Умови застосування обладнання в електроустановці
Клас 0	–	При непрямому дотику	1. Застосування в непровідних приміщеннях. 2. Живлення від вторинної обмотки розділового трансформатора тільки одного приймача
Клас I	Захисний затиск – знак  чи літери PE, або жовто–зелені смуги	При непрямому дотику	Приєднання затиску заземлення електрообладнання до захисного провідника електроустановки
Клас II	Знак 	При непрямому дотику	Незалежно від заходів захисту, які прийняті в електроустановці
Клас III	Знак 	Від прямого і непрямомого дотику	Живлення від безпечного розділового трансформатора

Вищезгаданий стандарт містить також визначення основних термінів, які використовуються у класифікації електроустаткування:

- *основна ізоляція* – ізоляція струмовідних частин, призначена для забезпечення основного захисту від ураження електричним струмом;
- *додаткова ізоляція* – самостійна ізоляція, передбачена як додаткова до основної ізоляції і призначена для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у випадку ушкодження основної ізоляції;

- *подвійна ізоляція* – ізоляція, що включає одночасно основну і додаткову ізоляції;
- *посилена ізоляція* – єдина система ізоляції струмовідних частин, що забезпечує такий же ступінь захисту від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція, в умовах, передбачених у стандарті на відповідне устаткування;
- *захисний опір* – опір між струмовідною частиною і доступною провідною частиною, який має таке значення, при якому струм при нормальній експлуатації й у випадках можливого ушкодження устаткування обмежений гранично припустимим безпечним значенням. Конструкція такого опору повинна забезпечувати надійність його експлуатації протягом усього терміну служби устаткування.

У ДСТ 14254–96 (МЕК 529–89) установлена класифікація ступенів захисту, що забезпечується оболонками, у яких міститься електроустаткування, а також їхнє позначення (*код IP*). У документі викладені вимоги для кожного позначення, приведені методи контролю й випробувань оболонок. Вимоги стандарту поширюються на електроустаткування напругою не більш 72.5 кВ.

Під ступенем захисту розуміють спосіб захисту, що забезпечується оболонкою від доступу до небезпечних струмовідних і механічних частин та попадання зовнішніх твердих предметів і (або) води всередину оболонки. Ступінь захисту позначається так називаним кодом IP (скорочення слів «*International Protection*» – міжнародний захист), що містить у собі такі елементи:

- першу характеристичну цифру (цифри від 0 до 6 чи літера, що їх заміняє, «X»);
- другу характеристичну цифру (цифри від 0 до 8 чи літера, що їх заміняє, «X»);
- додаткову букву (літери «A», «B», «C», «D»);
- допоміжну букву (літери «H», «M», «S»).

У коді IP одна чи обидві характеристичні цифри можуть бути замінені буквою «X», коли немає необхідності у нормуванні ступеня захисту. Якщо в коді використовуються кілька додаткових букв, вони розташовуються за абеткою. Додаткові і допоміжні літери опускаються в коді без заміни. Наприклад: IP54, IP2X, IPX1, IPXX, IP20C, IPXXC.

*Перша характеристична цифра* вказує на ступінь захисту, який забезпечує оболонка:

- людей від доступу до небезпечних частин, чи запобігання (обмежування) проникнення усередину оболонки якої-небудь частини тіла або предмета, що знаходиться в руках у людини;
- устаткування, що розміщене всередині оболонки, від проникнення ззовні твердих предметів.

Якщо перша характеристична цифра дорівнює 0, то оболонка не забезпечує захист ні від доступу до небезпечних частин, ні від проникнення зовнішніх твердих предметів. Перша характеристична цифра 1, указує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, 2 – пальцем, 3 – інструментом, 4, 5 і 6 – дротом.

При першій характеристичній цифрі 1, 2, 3 і 4, оболонка забезпечує захист від зовнішніх твердих предметів, діаметр яких більше або дорівнює відповідно 50, 12.5, 2.5 і 1.0 мм. При цифрі 5 оболонка забезпечує частковий, а при цифрі 6 – повний захист від пилу.

*Друга характеристична цифра* вказує на забезпечуваний оболонкою ступінь захисту устаткування від шкідливого впливу води. Якщо ця цифра - 0, то оболонка не забезпечує захисту від шкідливого впливу води. Цифра 1 вказує на те, що оболонка забезпечує захист від крапель води, які падають вертикально; 2 – від крапель води, які падають вертикально, коли оболонка відхилена на кут до 15°; 3 – від води, що падає у вигляді дощу; 4 – від суцільного оббризування; 5 – від водяних струменів; 6 – від сильних водяних струменів; 7 – від впливу при тимчасовому (нетривалому) зануренні у воду; 8 – від впливу при тривалому зануренні у воду.

Оболонки, що мають у своєму коді IP другу характеристичну цифру 7 чи 8, можуть бути обмеженого чи подвійного використання. Оболонки обмеженого використання не призначені для захисту від впливу струменів води і не повинні задовольняти вимогам, що відповідають цифрам 5 чи 6.

Оболонки подвійного використання призначені для захисту і від занурення у воду, і від впливу струменів води. Маркування цих оболонок має такий вигляд: IPX5/IPX7, IPX6/IPX7, IPX5/IPX8, IPX6/IPX8.

Додаткова літера позначає ступінь захисту людей від доступу до небезпечних частин і вказується в тому випадку, якщо:

- дійсний ступінь захисту від доступу до небезпечних частин вище ступеня захисту, зазначеного першою характеристичною цифрою;

– позначений тільки захист від шкідливого впливу води, а перша характеристична цифра замінена символом «Х».

Ступінь захисту оболонки може бути позначений додатковою буквою тільки в тому випадку, якщо вона задовольняє усім більш низьким за рівнем ступеням захисту, наприклад: IP1XB, IP1XC, IP1XD, IP2XC, IP2XD, IP3XD. Додаткова літера «А» вказує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, «В» – пальцем, «С» – інструментом, «D» – дротом.

Допоміжна літера «Н» позначає високовольтне електроустаткування. Допоміжні літери «М» і «S» вказують на те, що устаткування з частинами, які рухаються, під час випробувань на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов'язаних із проникненням води, знаходиться відповідно в стані нерухомості або руху.

## **5. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗА ЗАСТОСОВУВАНИМИ СИСТЕМАМИ ЗАЗЕМЛЕННЯ**

Електроустановки стосовно заходів електробезпеки поділяються наступним чином:

- напругою вище 1 кВ у мережах із глухозаземленою чи ефективно заземленою нейтраллю;
- напругою вище 1 кВ у мережах з ізольованою чи заземленою через дугогашний реактор або резистор нейтраллю;
- напругою до 1 кВ у мережах із глухозаземленою нейтраллю;
- напругою до 1 кВ у мережах з ізольованою нейтраллю.

*Нульовим робочим* провідником (**N**) називається провідник в електроустановках до 1 кВ, призначений для живлення електроприймачів і з'єднаний із глухозаземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму.

*Нульовим захисним* провідником (**PE**) називається захисний провідник в електроустановках до 1 кВ, призначений для приєднання відкритих провідних частин до глухозаземленої нейтралі джерела живлення.

*Об'єднаними* (**PEN**) провідниками називаються провідники в електроустановках напругою до 1 кВ, що виконують функції нульового захисного і нульового робочого провідників.

На рисунках прийняті такі умовні позначення провідників:

- $\nmid$  – N-провідник (М-провідник)
- $\nmid$  – PEN-провідник
- $\nmid$  – захисний провідник (РЕ-провідник)

Системи заземлення електроустановок, класифікуються таким чином:

**TN** – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно N– або М– і захисного РЕ–провідників;

**TN–C** – система TN, в якій N– або М– і РЕ-провідники поєднано в одному PEN-кпровіднику по всій мережі;

**TN–S** – система TN, в якій N– або М– і РЕ-провідники розділено по всій мережі;

**TN–C–S** – система TN, в якій N– або М– і РЕ– провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення;

**IT** – система, в якій мережу живлення ізолювано від землі чи заземлено через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого РЕ-провідника.

**TT** – система, одну точку струмовідних частин джерела живлення якої заземлено, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до РЕ-провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично незалежним від заземлювача, до якого приєднано точку струмовідних частин джерела живлення.

Зазначені системи для мереж змінного струму представлені на рис. 5.1–5.6.

*Перша літера в літерному позначенні типу заземлення системи означає характер заземлення джерела живлення:*

**T** (від лат. «*terra*» – земля) – безпосереднє приєднання однієї точки струмовідних частин джерела живлення до заземлювального пристрою. У трифазних мережах такою точкою, як правило, є нейтраль джерела живлення (якщо нейтраль недоступна, то заземлюють фазний провідник), у трипровідних мережах однофазного струму і постійного струму – середня точка, а у двопровідних мережах – один із виводів джерела однофазного струму або один із полюсів джерела постійного струму;

**I** (від англ. «*isolated*» – ізолюваний,) – усі струмовідні частини джерела живлення ізолювано від землі або одну точку заземлено через великий опір (наприклад, через опір приладів контролю ізоляції).

Друга літера в літерному позначенні типу заземлення системи означає характер заземлення відкритих провідних частин електроустановки:

**N** (від англ. «*neutrali*» – нейтраль) – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин електроустановки з точкою заземлення джерела живлення;

**T** – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин із землею незалежно від характеру зв'язку джерела живлення із землею.

Наступні літери в системі TN позначають влаштування нейтрального N і захисного PE-провідників:

**S** (від англ. «*separate*» – розділяти) – функції N- і PE-провідників виконують окремі провідники;

**C** (від англ. «*combine*» – об'єднувати) – функції N- і PE- провідників виконує один PEN- провідник.

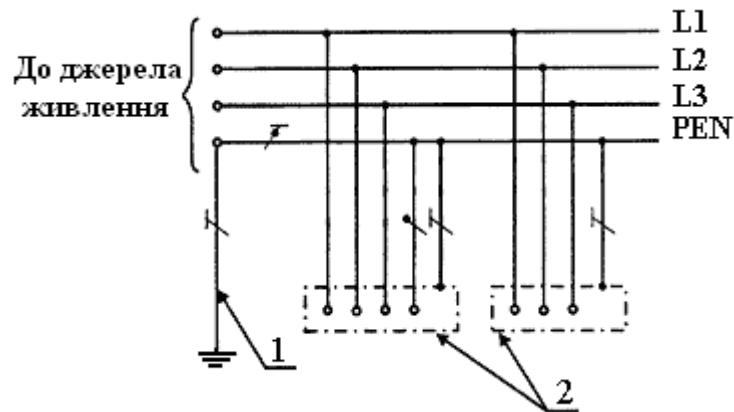


Рис. 5.1–Система **TN – C** змінного струму.

1 – заземлювач нейтралі (середньої точки) джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники об'єднані в одному провіднику

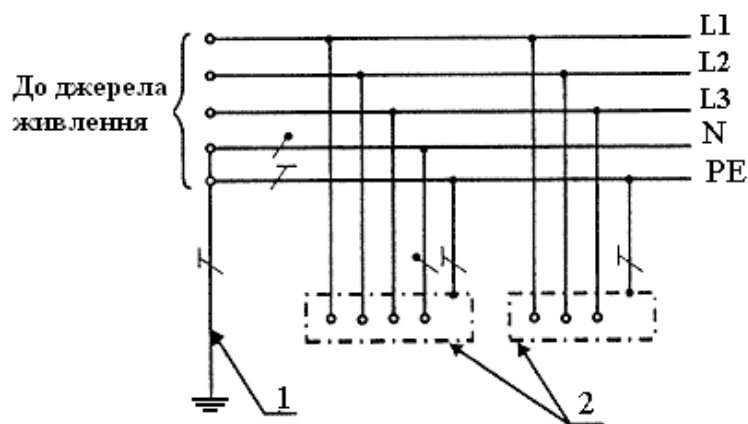


Рис. 5.2–Система **TN – S** змінного струму.

1 заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2– відкриті провідні частини. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники розділені по всій мережі



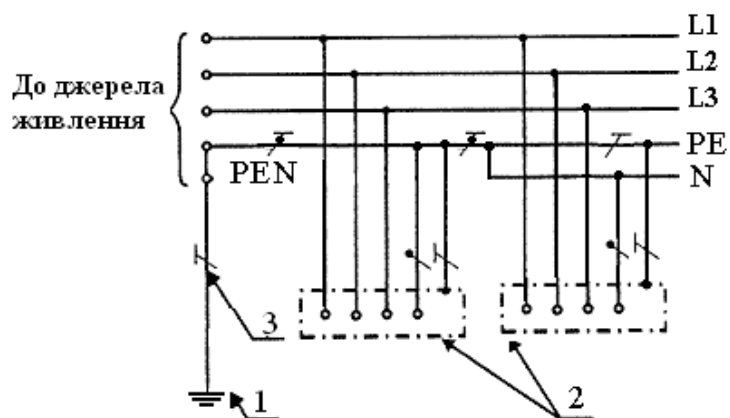


Рис. 5.3–Система **TN – C – S** змінного струму.

1– заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2– відкриті провідні частини; 3– захисний заземлювальний провідник. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники сполучені в одному провіднику в частині мережі

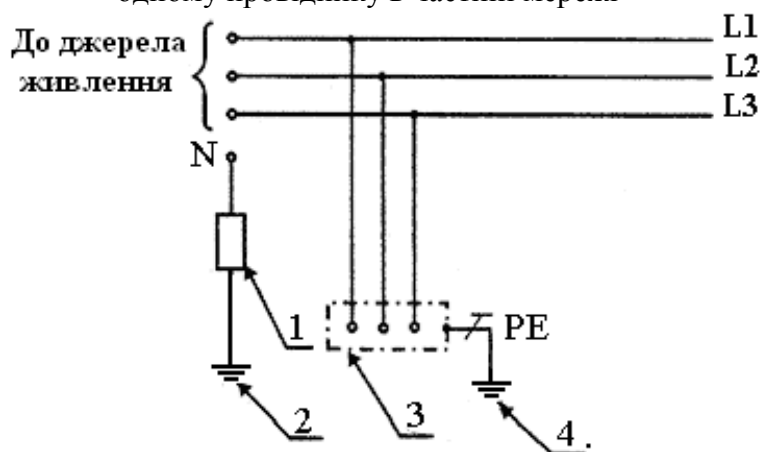


Рис. 5.4–Система **IT** змінного струму.

1– опір заземлення нейтралі джерела живлення (якщо мається); 2– заземлювач; 3– відкриті провідні частини; 4– пристрій заземлення. Відкриті провідні частини електроустановки заземлені. Нейтраль джерела ізолювана від землі або заземлена через великий опір

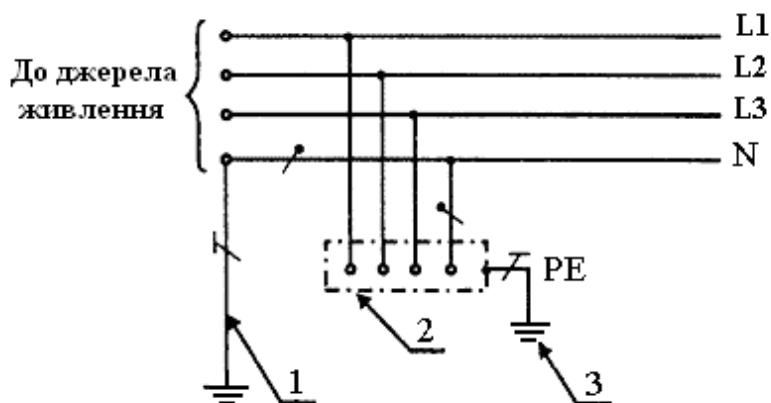


Рис. 5.5–Система **TT** змінного струму. Варіант 1.

1– заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2– відкриті провідні частини; 3– заземлювач відкритих провідних частин. Відкриті провідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземлення, яке електрично незалежне від заземлювача нейтрал

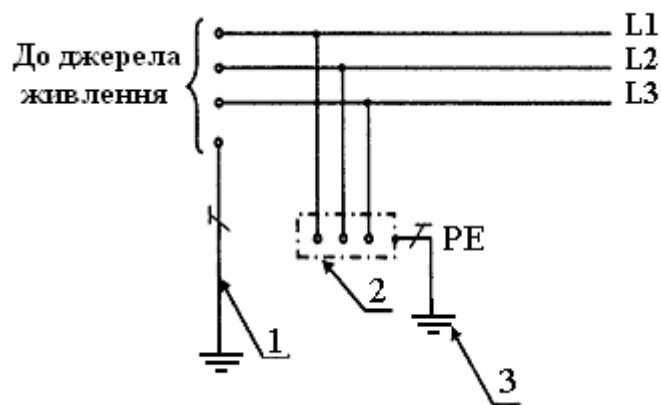


Рис. 5.6–Система ТТ змінного струму. Варіант 2.

1– заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин. Відкриті провідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземлення, яке електрично незалежне від заземлювача нейтралі

Вибір перерізу провідників слід проводити відповідно до вимог відповідних глав ПБЕ. Однофазні дво– і трипроводні лінії, а також трифазні чотири – і п'ятипроводні лінії, які живлять однофазні електроприймачі, повинні мати переріз нульових робочих N провідників, рівний перерізу фазних провідників.

Трифазні чотири– і п'ятипроводні лінії, які живлять електроприймачі трифазної напруги, повинні мати переріз нульових робочих N провідників, рівний перерізу фазних провідників до  $16\text{мм}^2$  по міді і  $25\text{мм}^2$  по алюмінію, а при великих перерізах – не менш ніж 50 % перерізу фазних провідників.

Переріз PEN-провідників має бути не меншим перерізу N провідників і не меншим  $10\text{мм}^2$  по міді і  $16\text{мм}^2$  по алюмінію незалежно від перерізу фазних провідників.

Переріз PE-провідників повинен дорівнювати перерізу фазних до  $16\text{мм}^2$  і  $16\text{мм}^2$  – при перерізі фазних провідників від 16 до  $35\text{мм}^2$  і 50 % перерізу фазних провідників при більших перерізах.

Переріз PE провідників, що не входять до складу кабелів, повинен бути не меншим  $2.5\text{мм}^2$  при наявності механічного захисту і  $4\text{мм}^2$  – при його відсутності.

Вимоги до виконання групових мереж у ПБЕ сформульовані таким чином (п. 2.3.1): «Постачання електроприймачів повинне виконуватися від електричної мережі з глухо заземленою нейтраллю 380/220 В з системою заземлення **TN – S** чи **TN – C – S**.

При реконструкції житлових і суспільних будинків, що мають напругу мережі 220/127 В чи 3х220 В, слід передбачити переведення мережі на напругу 380/220 В з системою заземлення **TN – S** чи **TN – C – S**».

Не допускається об'єднання нульових робочих і нульових захисних провідників різних групових ліній. Нульовий робочий і нульовий захисний провідники не можна підключати під загальний контактний затиск.

**Важливе зауваження!**

*В електроустановках з системами заземлення  $TN - S$  і  $TN - C - S$  електробезпека споживача забезпечується не власне системами, а ПЗВ, які діють більш ефективно в комплексі з цими системами заземлення і системою вирівнювання потенціалів.*

Застосування ПЗВ у комплексі з правильно виконаною системою вирівнювання потенціалів дозволяє обмежити і навіть виключити протікання блукаючих струмів по провідним елементам конструкції споруд, що дасть можливість значною мірою знизити їх корозійне зношення (в тому числі і трубопроводів).

## 6. КЛАСИФІКАЦІЯ ПЗВ

Для класифікації ПЗВ пропонується використовувати такі класифікаційні ознаки: режим нейтралі джерела живлення електроустановки; рід і частота струму; напруга; число фаз (полюсів); мобільність; спосіб захисту від зовнішніх впливів; спосіб монтажу.

У залежності від режиму нейтралі джерела живлення електроустановки ПЗВ підрозділяють на пристрої, призначені для електроустановок з ізольованою і з глухозаземленою нейтраллями.

За родом і частотою струму ПЗВ підрозділяють на ті, що призначені для електроустановок:

- змінного струму частотою 50 Гц;
- змінного струму непромислової частоти;
- постійного струму;
- випрямленого струму;
- двох і більшої кількості струмів із числа зазначених вище.

За умовами функціонування при наявності складових постійного струму розрізняють:

- ПЗВ типу АС, що реагують на синусоїдальний змінний диференціальний струм, що повільно наростає, або виникає стрибком;

- ПЗВ типу А, що реагують як на синусоїдальний змінний диференціальний струм, так і на пульсуючий постійний диференціальний струм, котрий повільно нарастає, або виникає стрибком.

*За наявністю затримки за часом розділяють:*

- ПЗВ без витримки часу – тип загального застосування;
- ПЗВ з витримкою часу – тип S (селективний).

ПЗВ, які призначені для відключення електроустановок при дотику людини до частин, що знаходяться під напругою, підрозділяють на пристрої, розраховані на електроустановки наступних класів напруг:

- змінного струму частотою 50 (60) Гц – 127, 220, 380, 500, 660, 1000 В;
- змінного струму частотою 400 Гц – 200 В;
- постійного (випрямленого) струму – 110, 220, 275, 400 В.

ПЗВ, призначені для відключень електроустановки при виникненні в ній струму витоку, підрозділяють на пристрої, розраховані на електроустановки вищевказаних класів напруг, а також 6000 і 10000 В частотою 50 (60) Гц.

За числом фаз (полюсів) ПЗВ підрозділяють на однофазні (однополюсні); двофазні (двополюсні); трифазні (триполюсні, чотириполюсні).

За мобільністю електроустановок ПЗВ поділяють на пристрої, призначені для електроустановок: стаціонарних, пересувних, переносних, ручних.

За видом вхідного сигналу слід розрізняти ПЗВ, що реагують на струм нульової послідовності; напругу нульової послідовності; суму, різницю, фазові співвідношення між струмом і напругою нульової послідовності (чи виділених гармонік напруги і струму), а також між струмом або напругою нульової послідовності і фазових напруг мережі; струм витоку; напругу корпусу відносно землі; оперативний струм (постійний, змінний непромислової частоти), що накладається на робочий струм електроустановки; два і більше перераховані фактори (багатофакторні ПЗВ).

У залежності від можливості регулювання уставок розрізняють ПЗВ з регульованими і з нерегульованими уставками.

У свою чергу ПЗВ з регульованими уставками підрозділяють на ПЗВ з плавним регулюванням уставок; з дискретним регулюванням уставок; з комбінованим регулюванням уставок.

За способом контролю справності розрізняють ПЗВ, у яких передбачений: самоконтроль і ручний контроль; такі, в яких є тільки ручний контроль.

У залежності від необхідності використовувати поряд з ПЗВ інші засоби захисту розрізняють ПЗВ, що застосовуються разом із зазначеними засобами – і без них.

За вибірковістю дії ПЗВ підрозділяють на селективні і неселективні.

У залежності від способу захисту від зовнішніх впливів ПЗВ випускають у захищеному й у незахищеному виконанні, для експлуатації яких необхідна захисна оболонка.

За способом монтажу розрізняють ПЗВ поверхневого монтажу; ПЗВ утопленого монтажу; ПЗВ панельно–щитового монтажу.

МЕК (ІЕК) розробила – класифікацію ПЗВ (Таблиця 6.1). Загальна назва *residual current protective device* – *RCD* – захисний пристрій по диференціальному струму.

Таблиця 6.1 – Класифікація ПЗВ за МЕК

RCD	residual current protective device – захисний пристрій по диференціальному (різничному) струму (загальна назва ПЗВ)
PRCD	portable residual current protective device – переносний захисний пристрій по диференціальному струму
PRCD–S	portable residual current protective device – safety – переносний захисний пристрій по диференціальному струму (в кабелі–подовжувачі)
SRCD	fixed socket outless residual protective current device – захисний пристрій по диференціальному струму (вбудований в розетку)
RCCB	residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection – захисний пристрій по диференціальному струму без вбудованого захисту від надструмів
RCBO	residual current operated circuit breakers with integral overcurrent protection – захисний пристрій по диференціальному струму з вбудованим захистом від надструмів
RCM	residual current monitor – пристрій контролю диференційного струму (струму витoku)

## 7. ПРИНЦИП ДІЇ ПЗВ

Більшість ПЗВ, що знаходяться сьогодні в експлуатації, мають структурну схему, представлену на рис. 7.1. Основним функціональним блоком ПЗВ є диференціальний трансформатор струму 1. Граничний елемент 2, як правило, є чутливим магнітоелектричним реле прямої дії або напівпровідниковим реле. Виконавчий механізм 3 містить спусковий механізм і силову контактну групу для розмикання електричного кола.

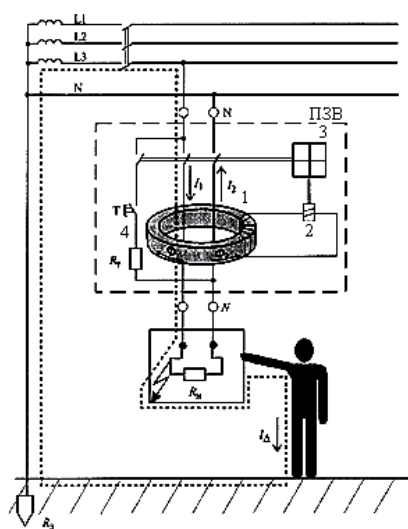


Рис. 7.1–Структура ПЗВ

Для проведення періодичного контролю працездатності ПЗВ, використовується коло тестування 4. При натисканні кнопки «Тест» у колі виникає диференціальний струм, який має викликати спрацювання ПЗВ та відключення кола, що захищається.

*Принцип дії ПЗВ полягає в наступному.* У нормальному режимі в силовому колі по провідниках, що проходять крізь вікно магнітопроводу трансформатора струму, протікає робочий струм навантаження.

Ці провідники, створюють зустрічно включені первинні обмотки диференціального трансформатора струму. Рівні за величиною струми  $I_1$  і  $I_2$  у зустрічно включених обмотках наводять у магнітному сердечнику трансформатора магнітні потоки  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$ , які дорівнюють один одному, але зустрічно спрямовані. Результуючий магнітний потік у вторинній обмотці диференціального трансформатора буде дорівнювати нулю, відповідно струм у вторинній обмотці також дорівнює нулю. Пусковий орган у цьому випадку знаходиться в стані спокою.

До магнітного осердя диференціального трансформатора ставляться високі вимоги – лінійність характеристики намагнічування, висока чутливість, температурна і часова стабільність і т. д. У зв'язку з цим для виготовлення магнітопроводів застосовується спеціальне високоякісне аморфне (некристалічне) залізо.

При дотику людини до відкритих струмовідних частин або до корпусу електроприймача, де відбувся пробій ізоляції, по фазному провіднику, що проходить через ПЗВ, крім струму навантаження  $I_1$  протікає додатковий струм – струм витоку  $I_{\Delta}$ . Виникає нерівність струмів у первинних обмотках, що супроводжується нерівністю магнітних потоків. У результаті цього у вторинній обмотці виникає диференціальний струм. Коли величина цього струму перевищить значення уставки граничного елемента пускового органа 2, останній спрацює і впливає на виконавчий механізм 3. Виконавчий механізм, який як

правило, складається з пружинного приводу, спускового механізму і групи силових контактів, розмикає електричне коло і знеструмлює електроустановку.

## 8. ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПЗВ

- Основними параметрами, за допомогою яких виконується вибір ПЗВ і контролюються їхні технічні характеристики, є наступні:
- *номінальна напруга ( $U_n$ )* – діюче значення напруги, при якому забезпечується працездатність ПЗВ.  $U_n = 220, 380 \text{ В}$ .
- *номінальний струм навантаження ( $I_n$ )* – значення струму, що ПЗВ може пропускати в тривалому режимі роботи.  $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А}$ .
- *номінальний диференціальний струм вимикання, ( $I_{\Delta n}$ )* – значення диференціального струму, що викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації.  $I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 \text{ А}$ .
- *номінальний диференціальний струм, що не вимикає, ( $I_{\Delta n0}$ )* – значення диференціального струму, що не викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації.  $I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}$ .
- *граничне значення надструму, що не вимикає, ( $I_{nm}$ )* – мінімальне значення надструму, що невідключає, при симетричному навантаженні дво- і чотирьополюсних або при несиметричному навантаженні чотирьополюсних ПЗВ  $I_{nm} = 6 I_n$ .
- *надструм* – будь-який струм, що перевищує номінальний струм навантаження.
- *номінальна здатність вмикати і вимикати (комутаційна здатність) ( $I_m$ )* – діюче значення очікуваного струму, яке ПЗВ здатне включити, пропускати протягом свого часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення  $I_m = 10 I_n$  або  $500 \text{ А}$  (вибирається більше значення).
- *номінальна здатність вмикати і вимикати по диференціальному струму ( $I_{\Delta m}$ )* – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке ПЗВ здатний включити, пропускати протягом всього часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення  $I_{\Delta m} = 10 I_n$  чи  $500 \text{ А}$  (вибирається більше значення).

- *номінальний умовний струм короткого замикання ( $I_{nc}$ )* – діюче значення очікуваного струму, яке здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, при заданих умовах експлуатації, без необоротних змін, що порушують його працездатність.  $I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\,000\text{ А}$ .
- *номінальний умовний диференціальний струм короткого замикання ( $I_{\Delta c}$ )* – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань при заданих умовах експлуатації без необоротних змін, що порушують його працездатність.  $I_{\Delta c} = 3000; 4500; 6000; 10\,000\text{ А}$ .
- *номінальний час відключення  $T_n$*  – проміжок часу між моментом раптового виникнення диференціального струму, що відключає, і моментом гасіння дуги на всіх полюсах.

Стандартні значення максимально припустимого часу вимикання ПЗВ типу АС при будь-якому номінальному струмі навантаження і заданих нормах значення диференціального струму мають не перевищувати значень, приведених у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Час відключення  $T_n$

Диференціальний струм	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
Час відключення, с	0,3	0,15	0,04	0,04

На рис. 8.1 приведена графічна інтерпретація області спрацьовування ПЗВ в залежності від кратності диференціального струму.

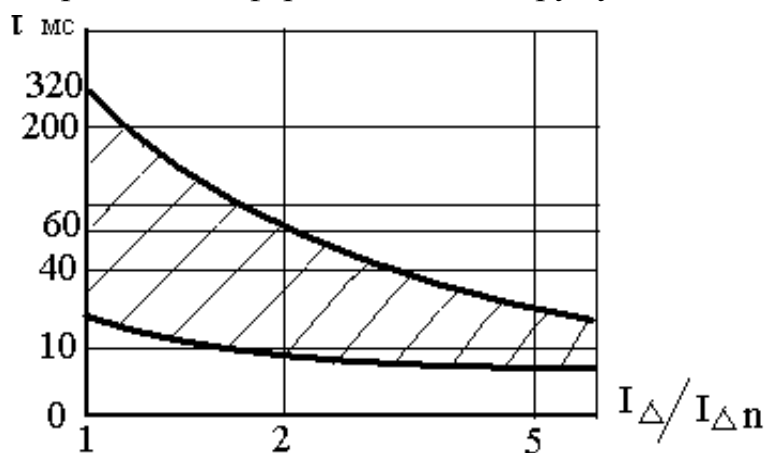


Рис. 8.1–Часострумова характеристика ПЗВ



## 9. ВИБІР ПЗВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І МОНТАЖІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Основним нормативним документом, який необхідно використовувати при проектуванні електроустановок з використанням ПЗВ є ПБЕ. При цьому слід додатково розглянути такі питання:

- вибір категорії проєктованого об'єкта за умовами електробезпеки;
- вибір типу і параметрів ПЗВ;
- забезпечення селективності дії ПЗВ;
- вибір місця установки відповідно до призначення ПЗВ;
- провести аналіз роботи ПЗВ в електроустановках при використанні різних схем заземлення.

У реальних умовах часто виникає ситуація, коли необхідно зробити вибір ПЗВ для установки, що вже експлуатується. У цьому випадку вибір ПЗВ рекомендується виконувати в послідовності, наведеній в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Послідовність вибору ПЗВ

№ п/п	Умови вибору	Нормативні вимоги
1	Аналіз електричної схеми електроустановки. Визначення необхідної кількості ПЗВ	Характеристика електроустановки. Кількість фаз. Напруга. Частота. Системи заземлення. Категорії споживачів
2	Аналіз режимів електроустановки в робочому й аварійному режимах з урахуванням характеристик захисних апаратів	Розрахунок струмів навантаження в колах. Розрахунок струмів короткого замикання
3	Вибір електричних апаратів	Технічні параметри апаратів. Результати розрахунку електричних режимів електроустановки
4	Координація захисних пристроїв	Часоструміві характеристики захисних пристроїв
5	Селективність роботи	Аналіз схеми за умовами забезпечення селективності дії ПЗВ
6	Документація на ПЗВ	Наявність сертифікатів відповідності і пожежної безпеки. Наявність технічного паспорта, посібника з експлуатації з вказівкою технічних параметрів
7	Характеристики ПЗВ	Технічні параметри ПЗВ
8	Умови експлуатації	Температурний режим. Кліматичне виконання

## 10. МІСЦЕ УСТАНОВКИ ПЗВ

Вибір місця установки ПЗВ в групових колах електроустановок будинків рекомендується виконувати з урахуванням включення в зону дії ПЗВ насамперед ділянок електричного групового кола з найбільшою імовірністю електроураження людей при дотику до струмовідних або відкритих провідних частин електроустаткування, що можуть внаслідок ушкодження ізоляції опинитися під напругою. Це, насамперед, розеточні групи, ванні і душові кімнати, пральні машини, приміщення з підвищеною небезпекою ураження струмом і т.п. Установка ПЗВ, як правило, здійснюється у ввідно – розподільних пристроях (ВРП).

У багатоквартирних житлових будинках ПЗВ доцільно встановлювати в групових або квартирних щитках. Допускається установка в поверхових розподільних щитках.

При виборі місця установки ПЗВ в будинку слід враховувати: спосіб монтажу електропроводки, матеріал будівель, призначення ПЗВ, умови експлуатації по електробезпеці, параметри ПЗВ, клас приміщень, схеми підключення електроприладів і т. п.

У схемах електропостачання радіального типу зі значною кількістю груп, що відходять, рекомендується установка загального на вводі й окремого ПЗВ на кожну групу приймачів за умови відповідного вибору параметрів ПЗВ, що забезпечують селективність їхньої дії.

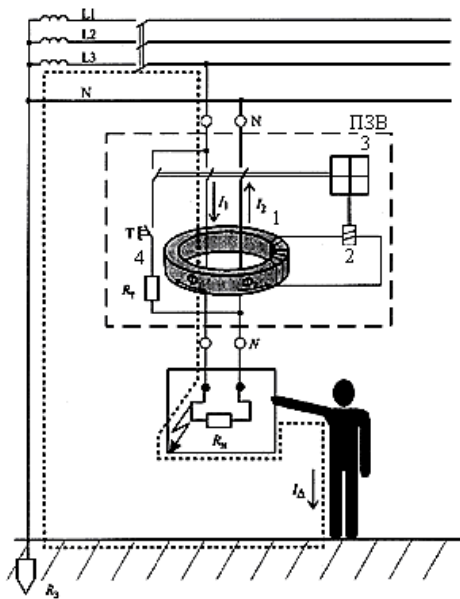


Рис. 11.1–Застосування ПЗВ в системі **TN – S**

1–заземлення джерела живлення(на підстанції); 2–захисне заземлення електроустановки будинку (у вхідному щиті); 3–відкриті провідні частини електроустановки

## 11. ЗАСТОСУВАННЯ ПЗВ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Як відзначалося раніше у даний час використовуються системи заземлення електроустановок TN – C, TN – S, TN – C – S, TT, IT і застосування ПЗВ в

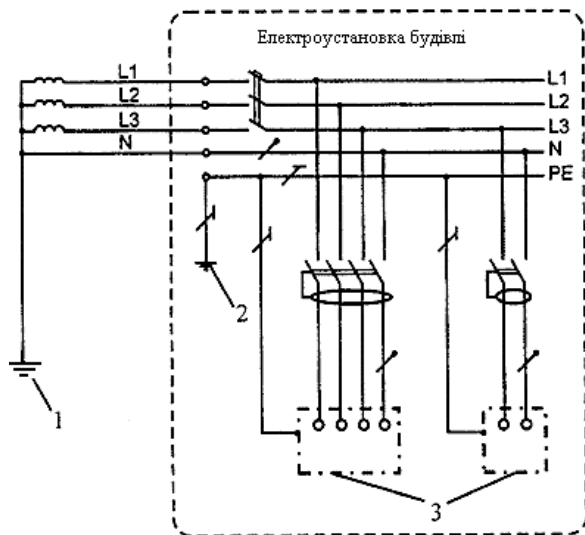


Рис. 11.2–Застосування ПЗВ у системі TT

1– заземлення джерела живлення; 2– захисне заземлення електроустановки будинку; 3– відкриті провідні частини

кожній з цих систем має свої особливості.

На рис.11.1 наведений приклад застосування ПЗВ в електроустановці із системою заземлення TN – S. Даний режим забезпечує безпечну експлуатацію електроустановок і надійне функціонування ПЗВ.

У системі TT усі відкриті провідні частини електроустановки приєднані до заземлення, електрично незалежного від заземлювача нейтралі джерела живлення.

Приклад застосування ПЗВ в електроустановці системи TT показаний на рис.11.2.

Для захисту від непрямого дотику в системі TT можливе використання пристрою захисту від надструму, якщо електроустановка має пристрій заземлювання, з дуже малим опором. При цьому гарантоване відключення живлення електроустановки повинне спрацьовувати при появі на відкритих провідних частинах електроустановки напруги не більш 50 В.

Для відключення живлення електроустановки системи TT за допомогою автоматичних вимикачів необхідно забезпечити високу кратність струму короткого замикання, низький опір пристрою заземлювання і т. д. У реальних умовах експлуатації виконати ці умови не завжди вдається. Ефективне рішення проблеми автоматичного відключення живлення дає застосування чутливих ПЗВ. При цьому уставка (номінальний диференціальний струм вимикання) по-

винна бути меншою значення струму замикання на заземлені відкриті провідні частини при напрузі на них 50 В щодо зони нульового потенціалу.

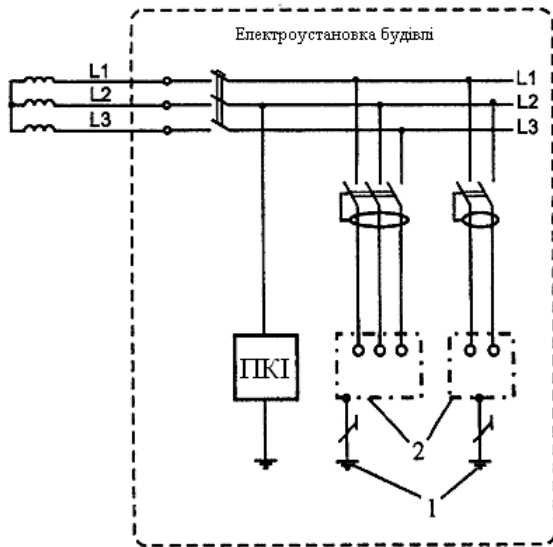


Рис. 11.3—Застосування ПЗВ в системі ІТ

1—захисне заземлення електроустановки будинку; 2—відкриті провідні частини; ПКІ—пристрій контролю ізоляції

У системі ІТ значення струму замикання на землю визначається станом ізоляції мережі щодо землі. При високому опорі ізоляції щодо землі струм замикання на землю дуже малий. У випадку прямого дотику людини до струмовідних частин такої електроустановки струм, що протікає через тіло людини, при опорі ізоляції, вищому певного значення, не є небезпечним для життя. Таким чином, рівень опору ізоляції

в мережах ІТ є фактором, що визначає як надійність, так і електробезпеку їхньої експлуатації. Оскільки в мережах ІТ дуже важливо підтримувати опір ізоляції на високому рівні, ведення автоматичного постійного контролю ізоляції є обов'язковим електрозахисним заходом.

Для захисту при непрямому дотику в мережах ІТ виконується захисне заземлення в сполученні з контролем ізоляції мережі або застосовуються ПЗВ з номінальним диференціальним струмом викання не більшим 30 мА. При першому замиканні на землю в електроустановках системи ІТ пристрій контролю ізоляції подає сигнал. Якщо до усунення першого замикання відбувається друге

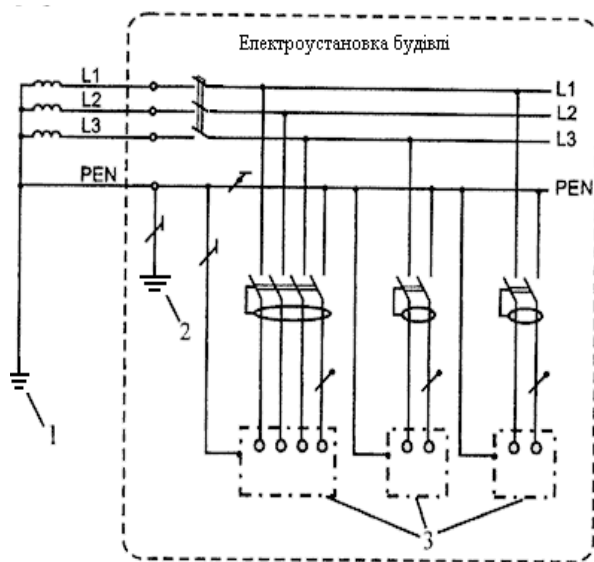


Рис. 11.4—Застосування ПЗВ в системі TN – С.

1—заземлення джерела живлення; 2—захисне заземлення електроустановки будинку; 3—відкриті провідні частини

ляції подає сигнал. Якщо до усунення першого замикання відбувається друге

замикання на землю, то спрацює ПЗВ. Схема підключення ПЗВ в системі IT наведена на рис. 11.3.

Велика частина електроустановок у нашій країні працює із системою заземлення TN – C (без захисного провідника PE). Схема включення ПЗВ в такий електроустановці наведена на рис. 11.4.

У такій електроустановці при пробі ізоляції на корпус електроприймача у випадку, якщо цей корпус не заземлений, ПЗВ, ввімкнений в коло живлення електроприймача, не спрацює, тому що немає кола протікання струму витoku – немає диференціального струму. Подібна ситуація виникає в житлових приміщеннях, у яких експлуатується побутова техніка, встановлена на ізолюючу основу, наприклад холодильники, пральні машини і т. д.

При цьому на корпусі електроприймача з'явиться небезпечний потенціал щодо землі. При дотику людини до корпусу електроприймача і протіканні через її тіло струму на землю, що перевищує номінальний диференціальний струм, ПЗВ зреагує і відключить електроустановку від мережі. У розглянутому випадку існує період часу, з моменту виникнення на корпусі електроприймача електричного потенціалу і до моменту відключення дефектного кола від мережі - це період потен-

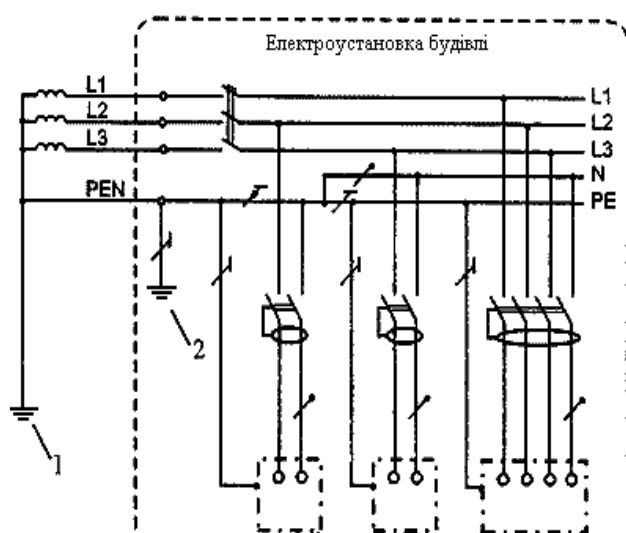


Рис. 11.5–Застосування ПЗВ в системі TN – C – S.

1–заземлення джерела живлення; 2–захисне заземлення електроустановки будинку; 3–відкриті провідні частини

ційної небезпеки ураження людини. Однак застосування ПЗВ в електроустановках із системою заземлення TN – C також виправдане, оскільки цей пристрій забезпечує ефективний захист від ураження електричним струмом.

Для одержання системи TN–C–S у системі TN–C об'єднаний нульовий і робочий провідник PEN розділяється на нульовий захисний PE і нульовий робочий N провідники у відповідному розподільному пристрої. При цьому ну-

льовий робочий і нульовий захисний провідники не допускається підключати під спільний контактний затиск - із метою збереження з'єднання захисного провідника з заземленням у випадку руйнування контактного затиску.

Застосування ПЗВ в електроустановці будинку системи TN – C – S наведено на рис. 11.5.

Рекомендується використовувати ПЗВ в тих частинах електроустановки будинку, де електричні кола з PEN-провідниками розташовані до входних клем ПЗВ. У разі потреби застосування ПЗВ для захисту окремих електроприймачів, що одержують живлення від системи TN – C, захисний PE – провідник електроприймача повинний бути підключений до PEN – провідника кола, що живить електроприймач, до захисного комутаційного апарата.

## **12. ВИБІР ТИПУ І ПАРАМЕТРІВ ПЗВ**

Сьогодні різними виробниками випускається велика кількість різноманітних ПЗВ. Внаслідок цього при проектуванні, а також у процесі експлуатації виникають проблеми, пов'язані з вибором того чи іншого типу ПЗВ для конкретної електроустановки. При виборі ПЗВ доводиться користуватися тільки тією інформацією, що надається виробником. У зв'язку з цим особливу увагу, слід звертати на характеристики, що визначають якість цих пристроїв і їхню працездатність. Набір робочих характеристик – номінальна напруга, номінальний струм навантаження, номінальний диференціальний струм вимикання, як правило, приводяться в документації на ПЗВ. Їх вибирають відповідно до параметрів електроустановки, що проектується.

ПЗВ випускають у двополюсному і чотириполюсному виконанні. Двополюсні ПЗВ розраховані на номінальну напругу  $U_n = 220\text{В}$ , чотириполюсні – на  $U_n = 380\text{ В}$ . Можливе застосування чотириполюсних ПЗВ в однофазній мережі – за умови, що при цьому забезпечується нормальне функціонування тестового кола при цій напрузі. Відповідно до нормативних документів ПЗВ повинен зберігати працездатність у визначеному діапазоні напруг. Слід зазначити, що елек-

тромеханічні ПЗВ є функціонально незалежними від напруги живлення і зберігають працездатність при будь-яких значеннях напруги.

Номінальний струм навантаження  $I_n$  вибирається з ряду: 6, 10, 16, 25, 40, 63, 80, 100, 125 А. Значення цього струму залежить, як правило, від перерізу провідників у самому пристрої і конструкції силових контактів. У зв'язку з тим, що ПЗВ захищений послідовним захисним пристроєм (ПЗП), номінальний струм навантаження ПЗВ повинний бути скоординований з номінальним струмом ПЗП. Величина номінального струму навантаження ПЗВ повинна дорівнювати або бути на ступінь вище номінального струму послідовного захисного пристрою. Якщо номінальні струми ПЗВ й автоматичного вимикача дорівнюють один одному, то при протіканні струму, котрий перевищує номінальний, ПЗВ буде перевантаженим весь проміжок часу до того моменту, коли відключиться автоматичний вимикач.

Номінальний диференціальний струм вимикання, – струм уставки вибирається з наступного ряду: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.

Для кожного конкретного випадку уставку ПЗВ вибирають з урахуванням наступних факторів:

- значення існуючого в даній електроустановці сумарного (з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів) струму витоку на землю – так званого «фоновому струму витоку»;
- значення припустимого струму через людину на основі критеріїв електробезпеки;
- реального значення диференціального струму, що відключає ПЗВ.

Відповідно до вимог ПБЕ номінальний диференціальний струм вимикання ПЗВ повинний бути мінімум у три рази більшим сумарного струму витоку кола захищеної електроустановки. Величина сумарного струму витоку визначається розрахунковим шляхом чи вимірюється спеціальними приладами. При відсутності даних про значення струму витоку в електроустановці ПБЕ рекомендують приймати струм витоку електроприймача з розрахунку 0.4 мА на 1 А току навантаження, а струм витоку кола – з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного провідника. Рекомендовані значення номінального диференціального

струму вимикання (уставки) ПЗВ для діапазону номінальних струмів 16–80 А приведені в табл. 12.1.

У деяких випадках для окремих споживачів значення уставки задається нормативними документами.

Таблиця 12.1 – Рекомендовані значення номінального диференціального струму вимикання (уставки ПЗВ)

Номінальний струм навантаження в зоні захисту, А	16	25	40	63	80
$I_{\Delta n}$ при роботі в зоні захисту одиночного споживача, мА	10	30	30	30	100
$I_{\Delta n}$ при роботі в зоні захисту групи споживачів, мА	30	30	30(100)	100	300
$I_{\Delta n}$ ПЗВ протипожежного призначення на ВРУ, мА	300	300	300	300	300

Номінальний диференціальний струм вимикання ПЗВ дорівнює половині значення струму уставки:  $I_{n0} = 0.5 I_{\Delta n}$ . Це означає, що реальне значення диференціального струму, при якому ПЗВ спрацьовує, знаходиться в діапазоні від половини до цілого значення номінального струму вимикання. Щоб уникнути помилкових відключень, дану обставину слід враховувати при проектуванні й експлуатації ПЗВ. Для надійної роботи ПЗВ необхідно зіставляти реальне значення струму вимикання з «фоновим» струмом витоку в електроустановці.

Граничне значення надструму  $I_{nm}$ , який не відключає, характеризує здатність ПЗВ не реагувати на симетричні струми короткого замикання і перевантаження. Відповідно до нормативних документів мінімальне значення струму, що невідключає, повинне дорівнювати шестиразовому значенню номінального струму навантаження:  $I_{nm} = 6I_n$ . Максимальне значення надструму, що не вимикається, не нормується і може мати значення, яке набагато перевищує  $6I_n$ . Даний параметр є важливим показником якості пристрою. Помилковою є думка, що це струм, при якому ПЗВ повинний вимикати установку.

Номінальна здатність вмикати і вимикати (комутаційна здатність) є параметром, що визначає надійність ПЗВ. Залежить вона в основному від рівня тех-



нічного виконання пристрою – якості силових контактів, потужності пружинного приводу, матеріалу і якості механізму, наявності дугогасильної камери й ін.

Аналогічною є характеристика номінальної здатності по диференціальному струму  $I_{\Delta m}$ , що припускає протікання диференціального надструму, наприклад, при короткому замиканні на корпус електроприймача в системі TN–C–S.

Номінальний умовний струм короткого замикання  $I_{nc}$  – один з основних параметрів ПЗВ, що характеризує термічну й електродинамічну стійкість виробу при протіканні надструмів. Значення цього параметра вказується на лицьовій панелі пристрою або приводиться в технічній документації на ПЗВ.

Однак такі параметри як комутаційна здатність  $I_m$  і умовний розрахунковий струм короткого замикання  $I_{nc}$ , що визначають надійність роботи ПЗВ, не завжди приводяться виробниками в технічній документації.


Комутаційна здатність ПЗВ, відповідно до вимог норм, повинна бути не меншою десятикратного значення номінального струму або 500 А (береться більше значення).

Багато ПЗВ мають, як правило, набагато більш високу комутаційну здатність – 1000, 1500 А. Це значить, що такі пристрої надійніші, і в аварійних режимах, наприклад, при короткому замиканні на землю – ПЗВ, випереджаючи автоматичний вимикач, гарантовано вимкне установку.

Умовний розрахунковий струм короткого замикання – характеристика, що умовно визначає надійність і міцність пристрою, якість виконання його механізму й електричних з'єднань. Відповідно до нормативних документів мінімально припустиме значення  $I_{nc}$ , складає 4.5 кА. Чим вища якість ПЗВ, тим більше значення  $I_{nc}$ . У деяких зразках ПЗВ цей показник досягає значення 15 кА. На лицьовій панелі пристроїв даний показник вказується або символом (наприклад,  $I_{nc} = 6000$ ,  $I_{nc} = 10\,000$ ), або відповідними цифрами в прямокутнику  $\Rightarrow \boxed{10000}$ .

Номінальний час вимикання  $T_n$  відповідно до вимог нормативних документів не повинний перевищувати 0.3 с. Однак у даний час розроблені конструкції ПЗВ, у яких цей параметр складає 20–30мс. У зв'язку з цим у процесі

експлуатації можливі ситуації, коли ПЗВ відключає струм навантаження чи надструм швидше апарата захисту.

Діапазон робочих температур ПЗВ – від мінус 5 до плюс 40°C. При спеціальному виконанні для діапазону температур від мінус 25 до плюс 40 °C на лицьовій панелі наноситься знак .

### 13. СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПЗВ

ПЗВ, які серійно випускаються різними виробниками, відрізняються не тільки своїми характеристиками, але і схемами підключення. Варіанти розповсюджених схем включення ПЗВ приведені на рис. 13.1. Схема підключення ПЗВ, як правило, наводиться на лицьовій чи бічній поверхні корпуса.

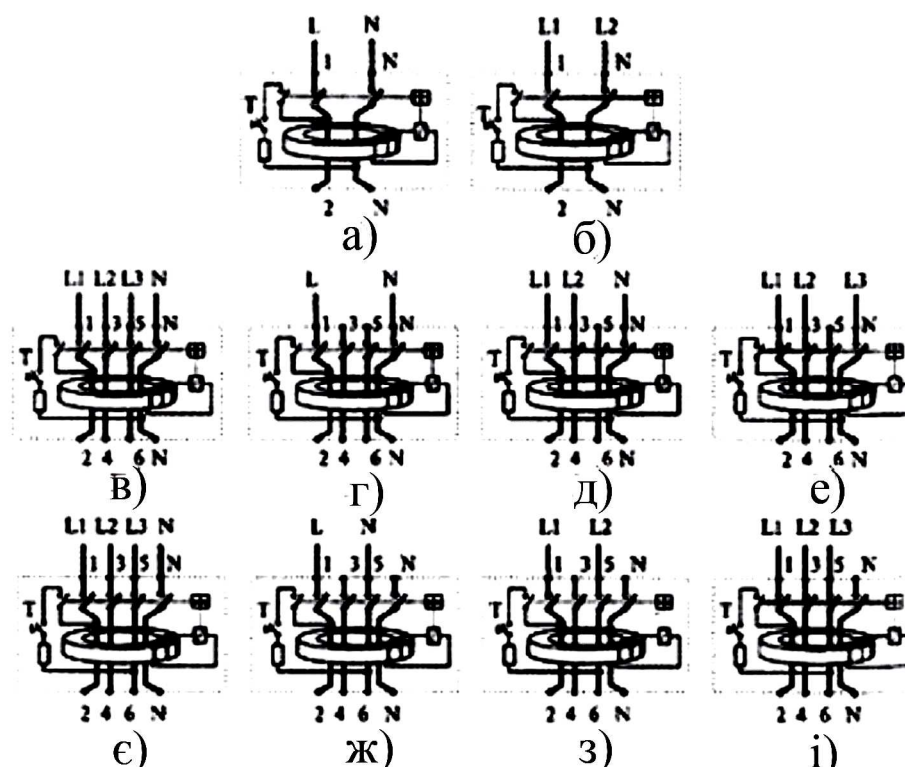


Рис. 13.1–Схеми підключення ПЗВ:

а), б)–двополюсні ПЗВ; в), г), д), е) – чотириполюсні ПЗВ, у яких резистор, що імітує диференціальний струм, підключений на фазну напругу; є), ж), з), і) – на лінійну напругу

Типові схеми електропостачання з застосуванням ПЗВ наведені у додатку (Рис. Д1 – Д6).

## 14. АНАЛІЗ ПРИЧИН, ЯКІ ВИКЛИКАЮТЬ ПОМИЛКОВЕ СПРАЦЬОВУВАННЯ ПЗВ

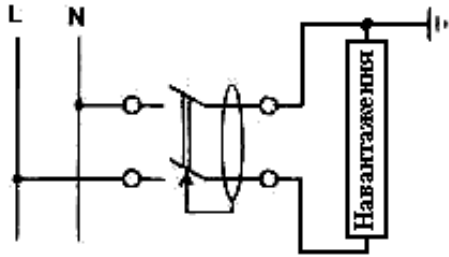


Рис. 14.1 – З'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки

Основними причинами помилкового спрацювання ПЗВ є помилки, що допускаються при монтажі диференціальних вимикачів (ВД) і диференціальних автоматів (АД). Розглянемо найбільш розповсюджені з них.

Найбільш розповсюдженою помилкою при монтажі є підключення до ВД навантаження, у колі якого є з'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки або з'єднання з нульовим захисним провідником РЕ (рис. 14.1). У цьому випадку висока імовірність помилкового спрацювання ВД.

Ще однією помилкою, яку буває, допускають при монтажі ВД або проведенні модернізації розподільних щитків із застосуванням ВД, є об'єднання нульових робочих провідників N різних ВД у зоні їхнього захисту (рис. 14.2). У результаті струм навантаження є диференціальним для обох ВД і один з них чи обидва спрацювають.

Диференціальний вимикач вимкнеться при підключенні навантаження до нульового робочого провідника N до ВД (рис. 14.3.), тому що в цьому випадку струм навантаження буде диференціальним для ВД.

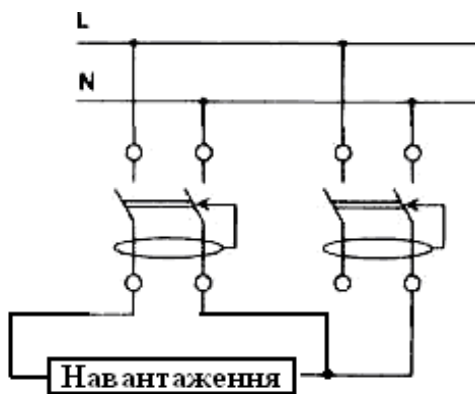


Рис. 14.2–З'єднання нульових робочих провідників N різних ВД у зоні їхнього захисту

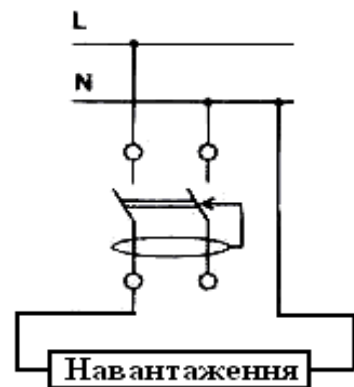


Рис. 14.3–Підключенні навантаження до нульового робочого провідника N до ВД

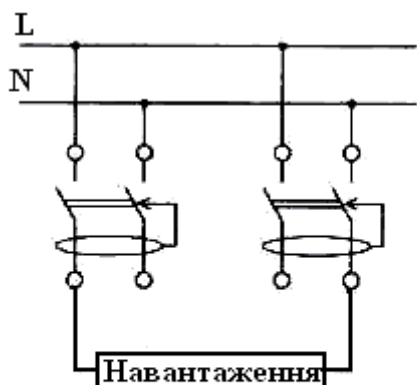


Рис. 14.4—Підключення навантаження до нульового робочого провідника N іншого ВД

Розповсюдженою помилкою є підключення навантаження до нульового робочого провідника N іншого ВД (рис. 14.4). У цьому випадку струм навантаження є диференціальним для обох ВД і один з них чи обидва спрацювують.

Під час монтажу розеток чи розпаювальних коробок електроустановки в зоні захисту ВД, з'єднання нульового робочого провідника N із захисним провідником РЕ приводить до відключення ВД (рис. 14.5).

При підключенні чотириполюсних ВД можливе помилкове підключення на його клеми однойменних фаз (рис. 14.6). Це не впливає на роботу однофазних споживачів, але в цьому випадку результати перевірки працездатності ВД за допомогою кнопки «Тест» не будуть достовірними, тому що неспрацювання ВД не означає, що він непрацездатний.

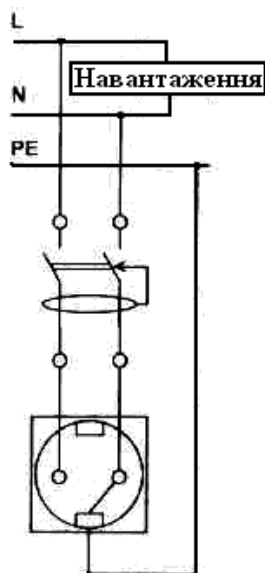


Рис. 14.5—З'єднання нульового робочого провідника N із захисним РЕ

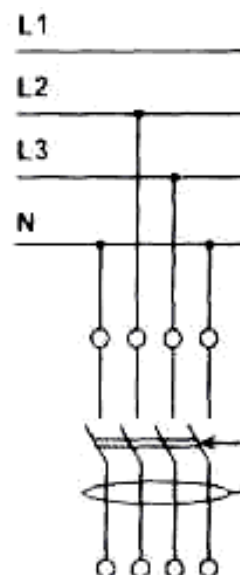


Рис. 14.6—Підключення на клеми чотириполюсних ВД однойменних фаз

## 15. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГА СПРАЦЮВАННЯ ПЗВ

Для проведення вимірів необхідний міліамперметр змінного струму з діапазоном вимірів 0–300мА і магазин опорів (0.75–43 кОм). Схема вимірів приведена на рис. 15.1.

Методика вимірів полягає у виконанні таких операцій:

- за допомогою двополюсного автоматичного вимикача відключити від встановленого в електроустановці ПЗВ коло навантаження. Якщо в електроустановці застосований однополюсний автоматичний вимикач, для досягнення необхідної точності слід відключити і нульовий робочий провідник;
- підключити згідно зі схемою (рис. 15.1) вимірювальне коло, що містить магазин опорів і міліамперметр. На декадах моста спочатку повинен бути встановлений максимальний опір;
- плавно змінювати опір моста до моменту спрацювання ПЗ;
- зафіксувати показання міліамперметра в момент спрацювання ПЗВ;

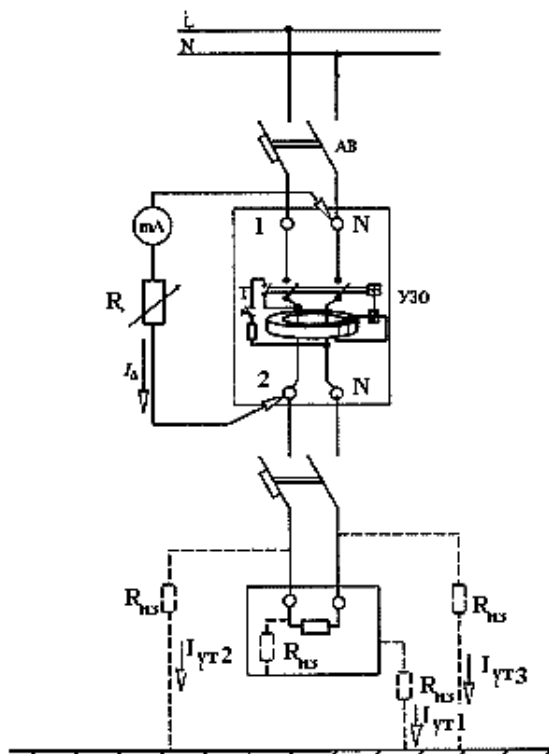


Рис. 15.1–Схема виміру струму витoku

- порівняти отримані дані з вимогами нормативних документів, відповідно до яких величина  $I_{\Delta}$  повинна знаходитися в межах  $0,5I_{\Delta n} - I_{\Delta n}$ . Якщо значення  $I_{\Delta}$  виходить за межі даного діапазону, ПЗВ підлягає заміні.

## 16. МЕТОДИКА ВИМІРУ СТРУМУ ВИТОКУ В ЗОНІ ЗАХИСТУ ПЗВ

Дану методику рекомендується застосовувати для визначення струму витoku в колах, де застосовуються електромеханічні ПЗВ. Послідовність операцій, які виконуються для визначення струму витoku така:

- підключити до ПЗВ коло навантаження за допомогою автоматичного вимикача;
- у відповідності зі схемою, приведеною на рис. 15.1, підключити до ПЗВ вимірювальне коло, що містить магазин опорів і міліамперметр. На декадах моста спочатку повинен бути встановлений максимальний опір;
- плавно змінювати опір моста до моменту спрацювання ПЗВ;

- зафіксувати показання міліамперметра в момент спрацьовування ПЗВ –  $I_{\text{вим}}$ ;
- зробити розрахунок струму витоку за формулою  $I_{\text{вит}} = I_{\Delta} - I_{\text{вим}}$ , де  $I_{\text{вит}}$  – струм витоку в зоні захисту ПЗВ;  $I_{\Delta}$  – значення струму, що відключає, використовуюваного для даного виміру ПЗВ;  $I_{\text{вим}}$  – зафіксоване міліамперметром значення струму. Значення  $I_{\text{вит}}$  є «фоновим» струмом витоку даної електроустановки.

## 17. АЛГОРИТМ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВЦІ

Якщо в процесі експлуатації відбулося відключення ПЗВ, слід визначити вид несправності в електроустановці. Рекомендується наступна послідовність дій обслуговуючого персоналу.

Ввімкнути ПЗВ. Як ПЗВ вмикається, це означає, що в електроустановці має місце витік струму на землю, викликаний нестабільним чи короткочасним порушенням ізоляції. У цьому випадку необхідно провести загальний контроль стану ізоляції. Перевірити працездатність ПЗВ натисканням кнопки «Тест».

Якщо після вмикання ПЗВ миттєво спрацьовує, це означає, що ПЗВ несправний чи в електроустановці має місце дефект ізоляції якого-небудь електроприймача, електропроводки, монтажних провідників електрошита. У цьому випадку рекомендується виконати такі операції:

- відключити всі автоматичні вимикачі групових кіл, які захище ПЗВ. У тому випадку, якщо автоматичними вимикачами не розмикаються нульові робочі провідники, для виявлення дефектного кола слід відключити усі нульові робочі провідники від збірної шини. Це дозволить уникнути струму витоку з нульового робочого провідника;
- ввімкнути ПЗВ і перевірити його працездатність натисканням кнопки «Тест». Миттєве відключення ПЗВ означає, що він справний, але в колі, яке він захищає, є витік струму;
- послідовно вмикати автоматичні вимикачі;
- якщо відбувається відключення ПЗВ при включенні одного з автоматичних вимикачів, це означає, що в його колі є пошкодження ізоляції;
- відключити всі електроприймачі в колі вимикача, при вмиканні якого спрацював ПЗВ;

- повторно ввімкнути ПЗВ і якщо ПЗВ не вмикається при всіх відключених електроприймачах даного кола, те це означає, що має місце дефект ізоляції електропроводки. Слід усунути дефект ізоляції й увімкнути ПЗВ;
- послідовно вмикати кожний з електроприймачів даного кола і визначити при включенні, якого із них відбувається спрацьовування ПЗВ;
- вимкнути несправний електроприймач;
- підключити справні електроприймачі, ввімкнути ПЗВ і переконатися, що він не спрацьовує. Перевірити працездатність ПЗВ натисканням кнопки «Тест».

Алгоритм пошуку несправностей в електроустановках, що містять ПЗВ, приведений на рис. 16.1.

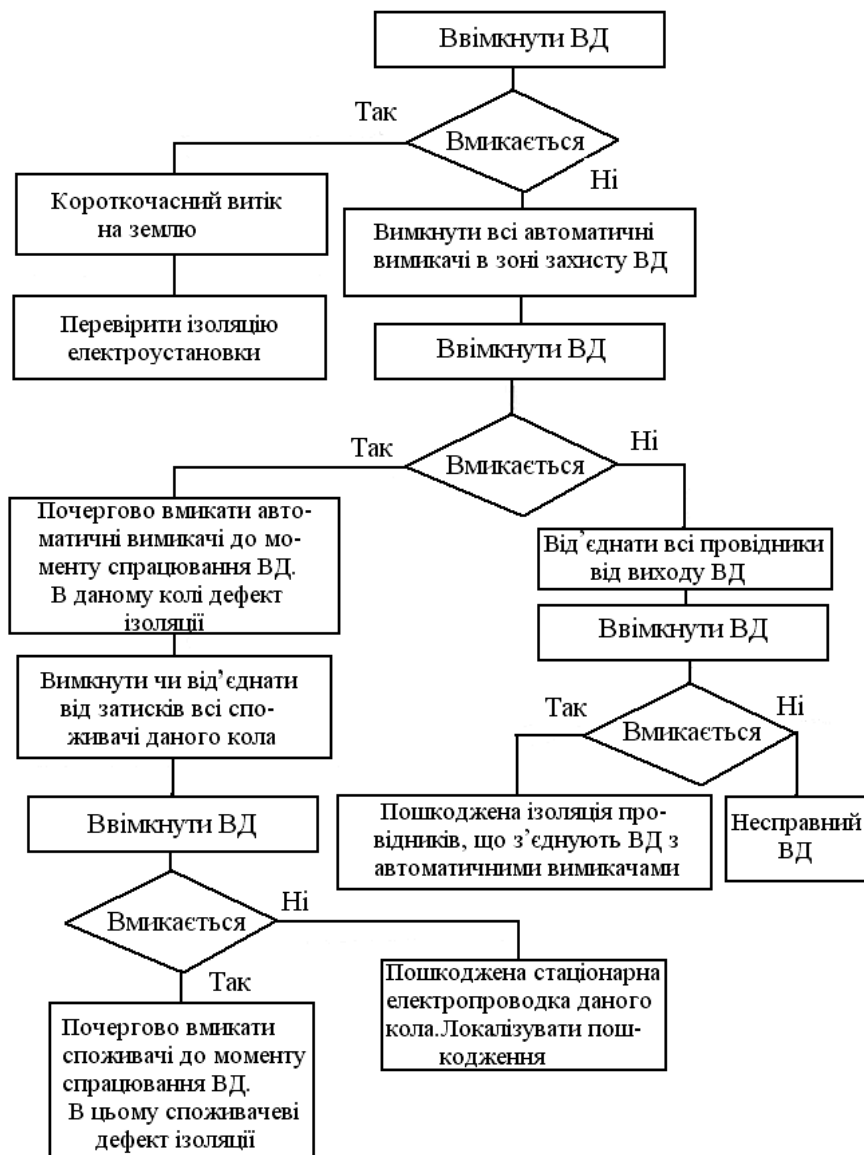


Рис. 16.1–Алгоритм пошуку несправностей в електроустановках із ПЗВ

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДНАОП 0.00–1.32–01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. , Львів, 2002, 120 с.
2. Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П., Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В: Справочник. – М. : Воениздат, 1988. – 128 с.: ил.
3. Киреева Э. А., Цырук С. А., Электроснабжение жилых и общественных зданий. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2005. – 96 с.; ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик». Вып. 8 (80)].
4. Рекомендации по применению и техническому обслуживанию устройств электрозащитного и противопожарного отключения в электрических сетях 380/220 В. М. : ОРГРЭС, 1998.
5. ГОСТ 12.4.155–85. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие требования.
6. Гуров А. А. Устройства защитного отключения. М. : УМИТЦ Мосгорэнергонадзора, 2001.
7. УЗО – устройства защитного отключения: Учеб.–справ. пособие.М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.
8. МЭК 364–5–53. Электроустановки зданий. Часть 5 – Выбор и монтаж электрооборудования. Коммутационная электроаппаратура и аппаратура управления.
9. МЭК 1200–53. Электроустановки зданий. Глава 53. Выбор и монтаж электрооборудования. Коммутационная электроаппаратура и аппаратура управления. Требования к устройству электроустановок зданий.



## ДОДАТОК

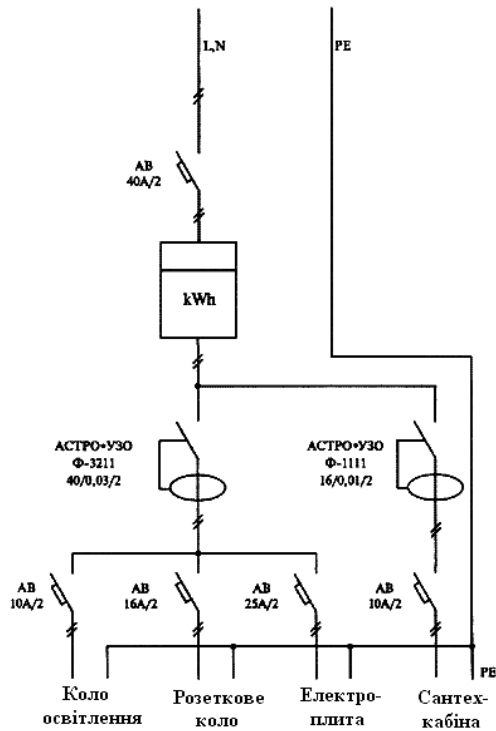


Рис. Д1—Схема електропостачання квартири

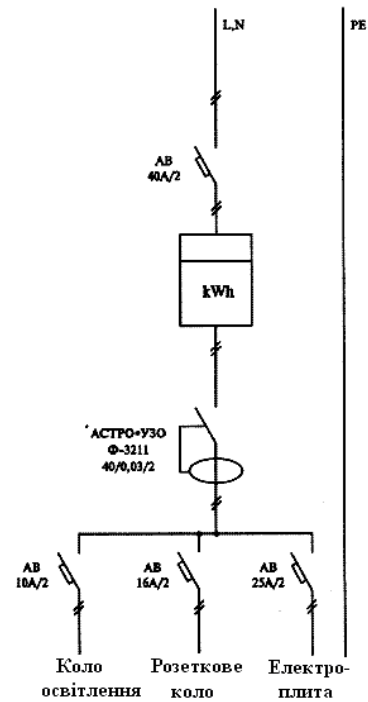


Рис. Д2—Схема електропостачання квартири при відсутності захисного провідника PE у розеткового кола і кола освітлення.

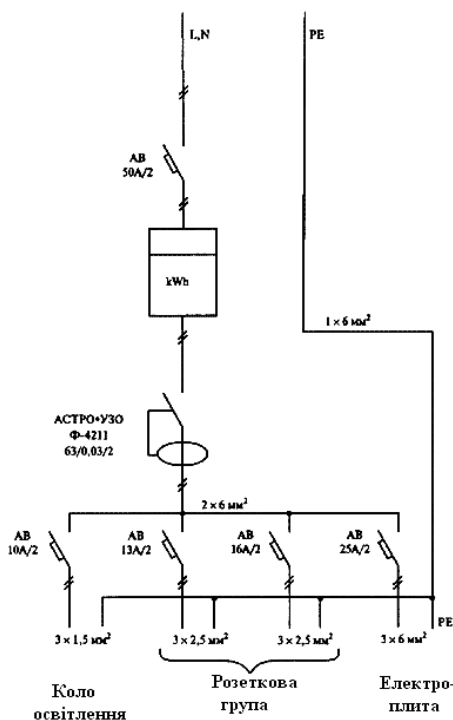


Рис. Д3—Схема електропостачання квартири з електроплитою з рекомендованими перерізами мідних провідників

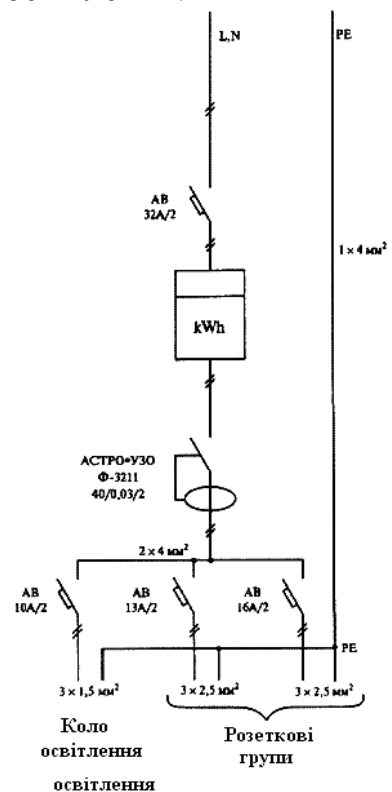


Рис. Д4—Схема електропостачання квартири з газовою плитою з рекомендованими перерізами мідних провідників

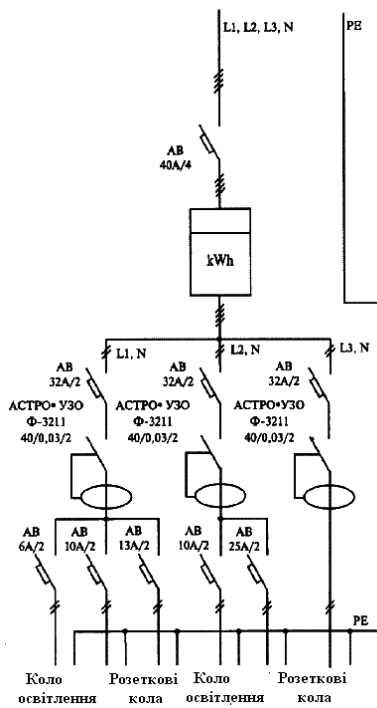


Рис. Д5– Схема електропостачання будинку з трифазним вводом

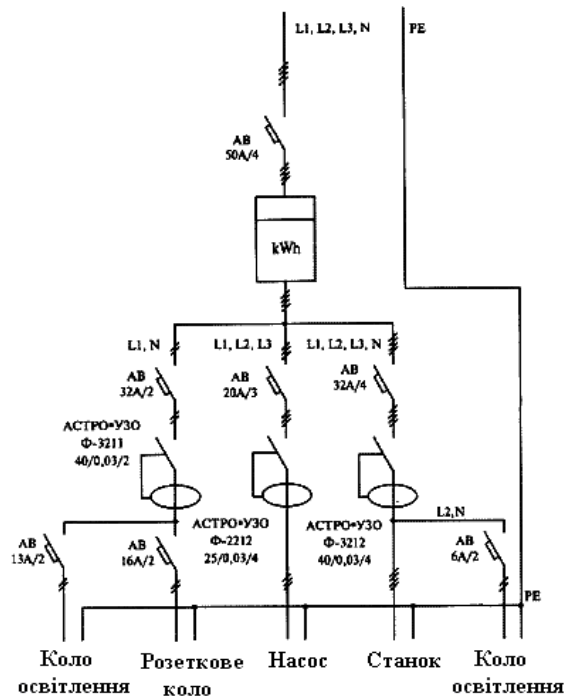


Рис. Д6– Схема електропостачання майстерні

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Гаряжа** Василь Миколайович,

**Дьяков** Євген Дмитрович

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення курсу «Електричні апарати».

Розділ «Пристрої захисного відключення»

(для студентів 4 курсу денної й заочної форм навчання  
за напрямом 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Відповідальний за випуск доц. *А. В. Хітров*

Редактор *О. Ю. Кригіна*

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2010, поз. 241М

---

Підп. до друку 25.11.2010 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,9

Тираж 50 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №4064 від 12.05.2011р.

---